

## СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПЛОСКОСТНОСТИ ПОЛОСЫ НА СТАНАХ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

Система автоматического регулирования плоскостности полосы (САРП) относится к системам управления технологическим процессом прокатки - системам верхнего уровня автоматизации, которые наряду с системой автоматического регулирования толщины полосы (САРТ) обеспечивают качество готовой продукции. САРП управляет и координирует работу одновременно нескольких локальных систем управления отдельными устройствами и механизмами на основании полученных от них данных о ходе процесса прокатки, а также измерения плоскостности полосы с помощью различных датчиков. Все современные полосовые станы как холодной, так и горячей прокатки оснащаются системами регулирования плоскостности.

Базой системы САРП является прибор, позволяющий определить плоскостность полосы в реальном режиме времени. Основным способом определения плоскостности полосы на станах холодной прокатки на протяжении уже трех десятков лет остается косвенное определение плоскостности по распределению натяжения по ширине полосы. Датчики плоскостности полосы, работающие по этому принципу, разделяются на контактные и бесконтактные.

Контактные датчики плоскостности полосы представляют собой отклоняющий ролик, размещаемый на выходе стана перед моталкой. Этот ролик разделен на зоны, шириной 25-52 мм, в каждой зоне специальными датчиками измеряется радиальное усилие, создаваемое полосой. Выпускаются измерительные ролики с различными способами измерения радиальных усилий:

- фирмой ABB [1, 3] производятся измерительные ролики STRESSOMETER, в которых радиальное усилие измеряется с помощью миниатюрных магнитоанізотропных датчиков усилия. Ролик разбит на секции и поверхность ролика не является сплошной. На одной секции устанавливается по 4 датчика усилия. Для предотвращения проскальзывания стрессометрический ролик имеет привод;

- фирмами BFI и Sundwig [1, 3] производятся измерительные ролики со сплошной поверхностью, в которых радиальное усилие измеряется пьезоэлектрическими датчиками. Такие датчики не требуют питания и имеют широкий диапазон измерения, благодаря чему с одинаковым разрешением измеряется плоскостность как толстых, так и тонких полос;

- фирмами VAI - Devy-McKee – CLECIM [1, 3] производятся измерительные ролики Vidimon. Vidimon представляет собой набор высокоточно обработанных и упрочненных стальных колец, размещенных на неподвижном валу. Для обеспечения вращения кольца между кольцом и валом подается сжатый воздух – воздушный подшипник (Air Bearing). При возникновении радиального усилия под кольцом вокруг вала меняется давление воздуха. Датчики давления

располагаются в неподвижном валу и измеряют разность давлений воздуха под кольцом сверху и снизу вала. Поскольку массивный вал датчика Vidimon неподвижен, а вращаются только кольца, поддерживаемые воздушными подшипниками, то сам ролик обладает очень низкой инерционностью, что, с одной стороны, позволяет отказаться от привода вращения ролика, а с другой стороны, позволяет измерять плоскостность во время ускорений и замедлений стана.

Бесконтактные способы измерения плоскостности полосы имеют существенные преимущества по сравнению с контактными:

- датчики никак не влияют на качество поверхности полосы, т.к. нет контакта с полосой;
- нет механического износа, в отличие от роликов, которые по причине износа необходимо шлифовать каждые 3-6 месяцев;
- соответственно не нужно иметь резервный комплект на время, пока рабочий ролик шлифуется;
- измерение плоскостности полосы не зависит от скорости полосы;
- более высокая точность, т.к. ширина измерения зоны может быть уменьшена до 18 мм;
- не требуется специального привода, в отличие от большинства измерительных роликов.

Среди бесконтактных датчиков плоскостности полосы интересна последняя разработка фирмы Siemens SI-FLAT [2]. В основу определения натяжений по ширине полосы в системе SI-FLAT положен тот принцип, что при возникновении периодических колебаний полосы участки полосы с разными натяжениями колеблются с различной амплитудой. В системе SI-FLAT специальным вентилятором вызываются колебания воздуха между полосой и линейкой датчиков SI-FLAT, расположенной приблизительно на 5 мм ниже полосы. В результате полоса колеблется, а амплитуда колебаний измеряется специальными бесконтактными токовихревыми датчиками, размещенными по ширине полосы. Амплитуда колебаний не превышает 0,15 мм, поэтому эти колебания никак не влияют ни на точность измерения, ни на работу механизмов стана.

По натяжениям, измеренным в разных зонах, строится функция у распределения натяжения по ширине полосы  $x$  в виде полинома [1, 3]:

$$y(x) = C_0 + C_1x + C_2x^2 + C_3x^3 + C_4x^4 + \dots + C_nx^n.$$

Коэффициенты  $C_0, C_1, C_2, C_3, C_4, \dots, C_n$  имеют следующий смысл:

- $C_0$  - постоянная составляющая натяжения;
- $C_1$  - характеризует клиновидность профиля полосы, вызываемую перекосом валков;
- $C_2$  - характеризует параболичность профиля полосы, вызываемую, как правило, изгибом валков;
- $C_3$  - характеризует несимметричные дефекты плоскостности;
- $C_4$  - характеризует симметричные дефекты плоскостности по краям полосы;
- $C_n$  - коэффициенты высокого порядка (больше 4) характеризуют локальные дефекты неплоскостности.

В САРП определяется отклонение измеренной кривой распределения натяжений по ширине полосы от задания и формируются управляющие воздействия на исполнительные механизмы.

Плоскостность полосы определяется зазором валков при прокатке. Таким образом, регулируя геометрию зазора валков, при прокатке получают требуемую плоскостность полосы. Изменить геометрию раствора валков можно следующими способами [3]:

- управление взаимным положением валков (перекос валков) через систему управления нажимным устройством;
- управление изгибом рабочих валков через систему управления нажимным устройством;
- управление профилем валка возможно следующими способами:
  - предварительная станочная профилировка валка;
  - гидропрофилировка валка (DSP – Dynamic Shaperoll);
  - тепловая профилировка валка с помощью системы селективного охлаждения валков;
- управление сдвижкой валков в осевом направлении:
  - управление осевой сдвижкой валков с S-образной профилировкой (CVC);
  - управление осевой сдвижкой промежуточных валков 6-валковой НС-клетки;
  - управление осевой сдвижкой рабочих валков 4-валковой WRS-клетки;
  - управление осевой сдвижкой рабочих валков со скошенными концами 4-валковой К-WRS-клетки;

- управление перекрещиванием валков в осевом направлении РС клетки.

Все вышеперечисленные воздействия для изменения раствора валков возможны как индивидуально, так и в различных комбинациях.

Современные станы оснащаются различными системами автоматического регулирования технологическими параметрами, и если все эти системы являются отдельными и не взаимодействуют друг с другом, то иногда результаты управляющих воздействий одной системы отрицательно сказываются на регулируемых параметрах другой. Так, например, для систем регулирования толщины и плоскостности полосы имеется взаимное влияние средств регулирования – при изменении усилия прокатки от САРП меняется прогиб валков, отсюда меняется поперечный профиль и плоскостность [4, 5]. С целью исключения взаимного влияния такие системы нужно объединять во взаимосвязанную систему, одной из функций которой являлась бы оптимизация управляющих воздействий.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Roberts W. Flat Processing of steel. New York: Marcel Deccker Inc. 1987.
2. Spreitzhofer G., Dummmler A. SI-FLAT Improves Measurement of Strip Flatness in Cold Rolling Mills // Metals & mining international news. 2002. №4. С.1-2.

3. Матвеев Б.Н. Новые методы снижения разнотолщинности и неплоскостности при прокатке тонких полос и фольги // Производство проката. 2000. №7. С. 42-47.

4. Приходько И.Ю., Сафьян А.М., Куцин В.С. Совокупное воздействие на толщину и плоскостность полос при холодной прокатке современными средствами регулирования // Производство проката. 2000. № 2. С. 41-46.

5. Повышение эффективности работы системы регулирования плоскостности полос зонным охлаждением рабочих валков / П.П. Чернов, А.М. Сафьян, И.Ю. Приходько и др. // Производство проката. 2002. № 5. С.14-17.